

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-236087  
(43)Date of publication of application : 23.08.2002

(51)Int.Cl.

G01N 13/14  
G01N 13/10  
G02B 7/00  
G02B 13/00  
G02B 21/02  
G11B 7/08  
G11B 7/135  
G11B 7/22

(21)Application number : 2001-032335

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 08.02.2001

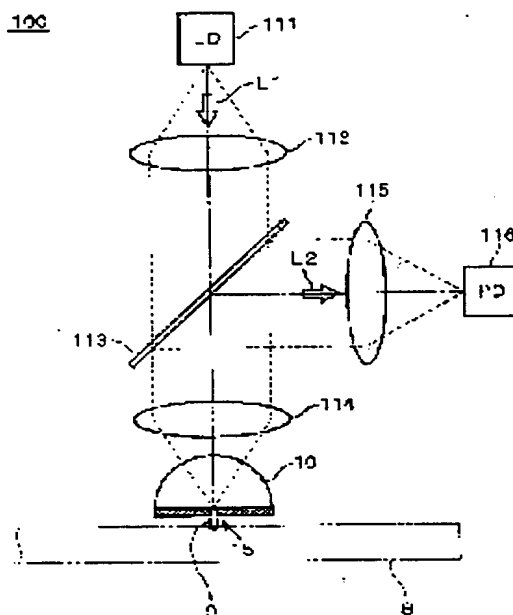
(72)Inventor : HATANO HIROSHI

(54) OPTICAL SYSTEM ADJUSTING METHOD, OPTICAL RECORDING AND REPRODUCING DEVICE UTILIZING THE SAME, MICROSCOPE DEVICE, AND MACHINING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily and efficiently adjust an optical system through 100 the use of a near-field light.

SOLUTION: The optical recording and reproducing device 100 is constituted, in such a way as to record or reproduce information by irradiating a recording medium 8 with the near-field light 9, and the near-field light 9 is generated from a micro opening 15 formed in a convex lens 10. For adjusting the optical system, so that the optical intensity of the near-field light 9 becomes maximum, the optical intensity of reflected light L2 reflected in the vicinity of the micro opening 15 of the convex lens 10 is detected, and the state of arrangement of the optical system is adjusted so that the optical intensity of the reflected light L2 becomes minimum.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

1/2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-236087  
(P2002-236087A)

(43) 公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 0 1 N 13/14		G 0 1 N 13/14	B 2 H 0 4 3
13/10		13/10	G 2 H 0 8 7
G 0 2 B 7/00		G 0 2 B 7/00	D 5 D 1 1 7
13/00		13/00	5 D 1 1 9
21/02		21/02	Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-32335(P2001-32335)

(22) 出願日 平成13年2月8日 (2001.2.8)

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 波多野 洋

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

最終頁に続く

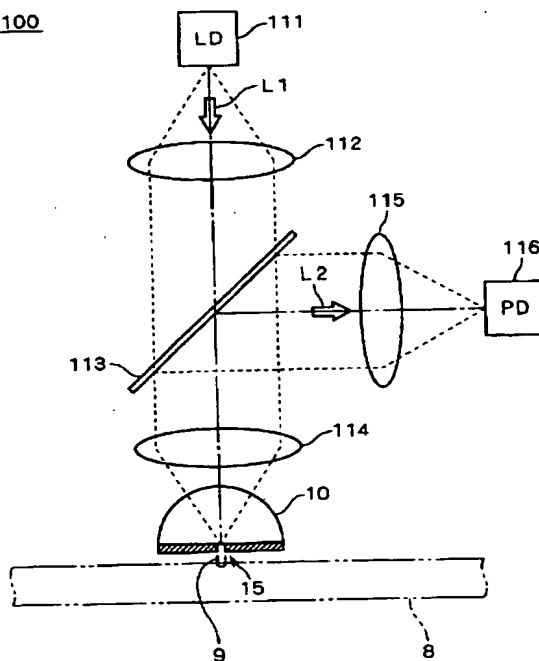
(54) 【発明の名称】 光学系調整方法、並びにその光学系調整方法を利用した光記録再生装置、顕微鏡装置及び加工装置

(57) 【要約】

【課題】 近接場光を利用する光学系の調整を容易かつ効率的に行うこと。

【解決手段】 光記録再生装置100は、記録媒体8に対して近接場光9を照射することにより情報を記録又は再生するように構成されており、固浸レンズ10に形成された微小開口15より近接場光9を発生させる。この近接場光9の光強度が最大になるように光学系を調整するために、固浸レンズ10の微小開口15付近で反射する反射光L2の光強度を光検出器116で検出し、その反射光L2の光強度が最小となるように光学系の配置状態を調整する。

100



PP04-0013 -00W0-11P
04.7.20
SEARCH REPORT

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学素子に形成された微小開口から近接場光を発生させ、又は前記微小開口より近接場光を検出するように構成された光学系を調整する光学系調整方法であって、

前記光学素子の所定の入射位置より入射光を入射させ、前記微小開口付近で反射されて前記入射位置より射出する反射光を検出することによって、前記微小開口から発生する前記近接場光、又は前記微小開口より検出される前記近接場光、の光成分が最大となるように調整することを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の光学系調整方法において、

前記微小開口は、前記入射光の波長以下の大きさであることを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の光学系調整方法において、

前記反射光の強度を検出することによって、前記光学系を調整することを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の光学系調整方法において、

前記反射光の強度が極小又は最小となる位置に、前記光学素子の位置を調整することを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の光学系調整方法において、

前記光学素子の前記微小開口に誘電体を近接させた状態で、前記反射光の検出を行うことを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の光学系調整方法において、

前記誘電体は液体であることを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の光学系調整方法において、

前記液体はイメージングオイルであることを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 8】 請求項 6 に記載の光学系調整方法において、

前記液体は揮発性のある液体であることを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 9】 請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光学系調整方法において、

前記光学素子は、高屈折率媒質で形成された、固浸レンズ又は固浸ミラーであることを特徴とする光学系調整方法。

【請求項 10】 近接場光を用いて、記録媒体に対して情報を記録又は記録媒体に記録された情報の再生を行う光記録再生装置であって、

前記情報の記録又は前記情報の再生を行うための光学系

として、

情報の記録又は再生用の光を発生させる光源と、前記光源からの光を前記近接場光に変換するために微小開口の形成された光学素子と、

前記記録媒体からの反射光を検出する光検出器と、を備え、

当該光学系が、前記光源と前記光学素子と前記光検出器とを用いて請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載の光学系調整方法により調整されることを特徴とする光記録再生装置。

【請求項 11】 試料からの近接場光を検出するように構成された顕微鏡装置であって、

前記近接場光を検出するための光学系として、照明された前記試料からの前記近接場光を検出するために微小開口の形成された光学素子と、

前記光学素子を介して得られる前記試料からの光を検出する光検出器と、を備え、

当該光学系が、前記光学素子と前記光検出器とを用いて請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載の光学系調整方法により調整されることを特徴とする顕微鏡装置。

【請求項 12】 近接場光を用いて、加工対象物に対して微細加工を施す加工装置であって、

前記近接場光を発生させるための光学系として、微細加工用の光を発生させる光源と、

前記光源からの光を前記近接場光に変換するために微小開口の形成された光学素子と、を備え、

当該光学系が、前記光源と前記光学素子とを用いて請求項 1 乃至請求項 9 のいずれかに記載の光学系調整方法により調整されることを特徴とする加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光学素子に形成された微小開口から近接場光を発生させ、又は微小開口より近接場光を検出するように構成された光学系を調整する光学系調整方法、並びにその光学系調整方法を利用した光記録再生装置、顕微鏡装置及び加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、顕微鏡装置のプローブ部分や光記録再生装置等の光ヘッド部分に光の波長よりも小さな微小開口を形成すると、その微小開口から近接場光が発生することが知られている。この近接場光は微小な光スポットを形成するため、この近接場光を利用すれば、高分解能にあるいは高密度に情報の記録又は検出を行うことができる。

【0003】従来、微小開口を利用したものとして近接場光顕微鏡装置のプローブが知られており、微小開口より近接場光を発生させることにより、試料の微細な観察を行うが可能になっている。ところが、従来の近接場光利用技術では、発生する近接場光の割合が少ない、すな

10

20

30

40

50

わちスルーブットが低い、という問題があった。これは、使用する光の波長に比して微小開口の大きさが小さくなればなる程、その微小開口を通過することのできるエネルギーが減少することに起因するものであった。

【0004】そのため、高屈折率媒質の端面に微小開口を形成することが提唱され、高屈折率媒質中の屈折率に応じて光の波長が縮小されることを利用して、微小開口部分を通過するエネルギーを増加させて、近接場光成分の割合を増大させることが行われている。また、微小開口部分に光を集光させることによって、より一層微小開口部分を通過するエネルギーが増加し、近接場光成分の割合がさらに増大することが知られている。

【0005】高屈折率媒質の端面に集光するために、固浸レンズ（SIL: Solid Immersion Lens）や固浸ミラー（SIM: Solid Immersion Mirror）と呼ばれる、高屈折率物質で構成された光学素子を用いることが検討されている。固浸レンズを用いる場合、外部の集光レンズにより光を集光させ、その集束光路中に固浸レンズが配置される。また、固浸ミラーの場合は、固浸ミラー自体が自己集光機能を有しているため、固浸レンズのように外部に集光レンズを配置する必要はない。

【0006】このような固浸レンズ又は固浸ミラーの集光位置に集光スポットよりも小さな微小開口を設けることにより、光強度が強く、かつ小さな光スポットの近接場光を得ることが可能である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、固浸レンズや固浸ミラー等の光学素子の集光位置に対して正確に微小開口を形成することは非常に困難であり、実際には集光位置から多少ずれた位置に微小開口が形成されることが多い。このため、固浸レンズや固浸ミラー等の光学素子から発生する近接場光の光強度が低下することが問題となる。

【0008】そこで、固浸レンズや固浸ミラー等の光学素子の配置位置や光学素子への光の入射角度、光のコリメートの度合い等を調整することにより、微小開口位置に対して適切に光が集光されるように光学系を調整することが必要になる。この調整の際には、光学素子より発生する近接場光の光強度を測定してその光強度が最大となるように光学系を調整することが考えられるが、非伝搬光である近接場光を測定するためには複雑な構成を必要とするため容易でなく、また効率も悪くなる。

【0009】この発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、近接場光を利用する光学系の調整を容易かつ効率的に行うことのできる光学系調整方法を提供することを目的とし、また、その光学系調整方法によって調整された光学系を有する光記録再生装置、顕微鏡装置及び加工装置を提供することも目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため

に、請求項1に記載の発明は、光学素子に形成された微小開口から近接場光を発生させ、又は前記微小開口より近接場光を検出するように構成された光学系を調整する光学系調整方法であって、前記光学素子の所定の入射位置より入射光を入射させ、前記微小開口付近で反射されて前記入射位置より射出する反射光を検出することによって、前記微小開口から発生する前記近接場光、又は前記微小開口より検出される前記近接場光、の光成分が最大となるように調整することを特徴としている。

【0011】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の光学系調整方法において、前記微小開口が、前記入射光の波長以下の大きさであることを特徴としている。

【0012】請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の光学系調整方法において、前記反射光の強度を検出することによって、前記光学系を調整することを特徴としている。

【0013】請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の光学系調整方法において、前記反射光の強度が極小又は最小となる位置に、前記光学素子の位置を調整することを特徴としている。

【0014】請求項5に記載の発明は、請求項1乃至4のいずれかに記載の光学系調整方法において、前記光学素子の前記微小開口に誘電体を近接させた状態で、前記反射光の検出を行うことを特徴としている。

【0015】請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の光学系調整方法において、前記誘電体が液体であることを特徴としている。

【0016】請求項7に記載の発明は、請求項6に記載の光学系調整方法において、前記液体がイメージジョンオイルであることを特徴としている。

【0017】請求項8に記載の発明は、請求項6に記載の光学系調整方法において、前記液体が揮発性のある液体であることを特徴としている。

【0018】請求項9に記載の発明は、請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の光学系調整方法において、前記光学素子が、高屈折率媒質で形成された、固浸レンズ又は固浸ミラーであることを特徴としている。

【0019】請求項10に記載の発明は、近接場光を用いて、記録媒体に対して情報を記録又は記録媒体に記録された情報の再生を行う光記録再生装置であって、前記情報の記録又は前記情報の再生を行うための光学系として、情報の記録又は再生用の光を発生させる光源と、前記光源からの光を前記近接場光に変換するために微小開口の形成された光学素子と、前記記録媒体からの反射光を検出する光検出器と、を備え、当該光学系が、前記光源と前記光学素子と前記光検出器とを用いて請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の光学系調整方法により調整されることを特徴としている。

【0020】請求項11に記載の発明は、試料からの近接場光を検出するように構成された顕微鏡装置であって

て、前記近接場光を検出するための光学系として、照明された前記試料からの前記近接場光を検出するために微小開口の形成された光学素子と、前記光学素子を介して得られる前記試料からの光を検出する光検出器と、を備え、当該光学系が、前記光学素子と前記光検出器とを用いて請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の光学系調整方法により調整されることを特徴としている。

【0021】請求項12に記載の発明は、近接場光を用いて、加工対象物に対して微細加工を施す加工装置であって、前記近接場光を発生させるための光学系として、微細加工用の光を発生させる光源と、前記光源からの光を前記近接場光に変換するために微小開口の形成された光学素子と、を備え、当該光学系が、前記光源と前記光学素子とを用いて請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の光学系調整方法により調整されることを特徴としている。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0023】＜1. 光記録再生装置＞まず、近接場光を利用した光記録再生装置について説明する。図1は、この発明の実施の形態である光記録再生装置100を示す図である。

【0024】図1に示すように、光記録再生装置100は、近接場光を利用して記録媒体8に対して情報を高密度に記録したり、又は高密度に記録された情報を検出して再生するように構成されており、そのための光学系として、レーザ光源111とコリメートレンズ112とビームスプリッタ113と集光レンズ114と固浸レンズ10とレンズ115と光検出器116とを備えている。光記録再生装置100においては、固浸レンズ10に対向して配置される記録媒体8に対して近接場光9を浸み出させ、その近接場光9で記録媒体8の表面記録層に対して高密度で情報を記録したり、又は、高密度に記録された情報の読み出しが行われる。記録媒体8は光記録再生装置100に対して取り外し不可能な状態で内蔵されるものであってもよいし、着脱可能な状態で容易に交換できるものであってもよい。

【0025】レーザ光源111は半導体レーザ等によって構成され、記録媒体8に対して照射するための所定の波長のレーザ光L1を発生させる。レーザ光源111からのレーザ光L1はコリメートレンズ112によって所定の光束幅を有する平行光に変換され、ビームスプリッタ113を通過して集光レンズ114に導かれる。集光レンズ114はレーザ光L1の平行光束に対して集光作用を与え、その集光作用を受けたレーザ光L1を固浸レンズ10に入射させる。

【0026】固浸レンズ10は近接場光9を発生させる光学素子として機能するものである。図2は固浸レンズ10を示す図である。図2に示すように、固浸レンズ1

0は、ランタンシリカ系ガラスや鉛シリカ系ガラス等の高屈折率物質によって略半球状体11として構成され、略球面状に形成された球面部12と略平面状に形成された平面部（底面部）13とを有する。また、固浸レンズ10の平面部13には微小開口形成用の薄膜14が形成されている。薄膜14には微小開口15が形成される。この微小開口15は、レーザ光L1が固浸レンズ10の平面部13近傍に集光して形成される光スポットの大きさよりも小さくなるように形成される。これにより、固浸レンズ10の底面側からは、集光位置における光スポットよりもさらに微小なスポットの近接場光9を浸み出させることができる。薄膜14には、Al、Ni、Cr等の金属膜を用いることができ、周知のフォトリソグラフィ等の微細加工技術により微小開口15を形成する。

【0027】レーザ光L1は集光レンズ114により集光され、固浸レンズ10の球面部12の所定の入射位置から固浸レンズ10内部側に入射する。固浸レンズ10に入射した光は固浸レンズ10の平面部13の略中央部に集光される。固浸レンズ10は高屈折率媒質で形成されるため、その媒質中の集光される光スポットは、空气中に形成されるスポットに比べて微小な光スポットとなる。例えば、固浸レンズ10を形成する高屈折率媒質の屈折率にもよるが、固浸レンズ10の内部に形成される光スポットの直径をレーザ光L1の波長の半分以下となるように設計することもできる。このため、レーザ光L1の波長が400nm程度であれば、固浸レンズ10内部の平面部13近傍に形成される光スポット径を200nm程度にまで絞り込むことが可能である。

【0028】この光スポットにおいて、平面部13において全反射する成分により近接場光が生じる。この位置に微小開口15が形成されていると、近接場光の一部はそのまま微小開口15より下方側に浸み出し、他は伝搬光に変換されて微小開口15を透過する。微小開口15は光スポットの径よりも小さく形成されるため、近接場光9のスポット径は固浸レンズ10の内部に形成されるスポット径よりもさらに小さなものとなる。近接場光9は非伝搬光であるため、固浸レンズ10に形成された微小開口15の近傍領域（ニアフィールド領域）にのみ存在する。

【0029】固浸レンズ10に入射したレーザ光のうち、このように微小開口を透過しなかった光成分は、固浸レンズ10の平面13において反射し、その反射光はレーザ光L1の辿ってきた光路を逆方向に進むことになる。そして、その反射光は固浸レンズ10の球面部12から固浸レンズ10の外部へと射出する。

【0030】図1に戻り、固浸レンズ10内で反射された光L2は、集光レンズ114によって平行光となり、ビームスプリッタ113で反射される。そしてレンズ115で集光されて光検出器116へと導かれる。光検出

器116はフォトダイオード等によって構成され、反射光L2の光強度を検出することが可能である。

【0031】光記録再生装置100において、記録媒体8に情報を記録する際には、レーザ光源111を記録すべきデータに応じてオン・オフ制御して情報記録のための近接場光9の発生状態を制御することにより、記録媒体9に対して微小な記録ビットを高密度に形成する。また、記録媒体8に記録された情報を再生する際には、レーザ光源111より情報再生用のレーザ光を発生させて情報再生のための近接場光9を発生させ、その近接場光9が記録媒体8の表面記録層に形成された記録ビットによって変調を受けた反射光成分を光検出器116で検出することで、高密度に記録された情報の再生を行う。なお、情報記録時のレーザ光と情報再生時のレーザ光とは波長又は強度を異なるように構成してもよい。

【0032】このような光記録再生装置100を組み立てる際、近接場光9の光成分の強度が最も大きくなるようにするために、光学系の調整が行われる。光学系の調整を行う際には、記録媒体8の存在しない状態で、光記録再生装置100の光学系の構成を利用して行われる。すなわち、レーザ光源111より固浸レンズ10に光を入射させ、固浸レンズ10からの反射光L2を光検出器116で検出することによって近接場光9の光成分が最大となるように光学系を調整する。

【0033】図3及び図4は、固浸レンズ10を拡大した図である。図3及び図4に示すように、固浸レンズ10の微小開口15から下方側に浸み出す近接場光9の成分が最大となるためには、光学素子である固浸レンズ10をXY平面内で最適な位置に配置する必要がある。

【0034】例えば、図3の場合、レーザ光L1が固浸レンズ10内に形成する光スポットSAのほぼ中心位置に微小開口15が位置する。一般に、光スポットSAの強度分布はガウシアン分布等のように中心部で強く、スポット外縁部に向かうにつれて弱くなる。したがって、図3のように微小開口15が光スポットSAの中心位置に位置する場合は、微小開口15から浸み出す近接場光9の光強度も最も強くなる。つまり、この場合はレーザ光L1の光成分が効率よく近接場光9に変換されていることになる。

【0035】これに対し、図4の場合、レーザ光L1が固浸レンズ10内に形成する光スポットSAの端部の位置に微小開口15が位置する。このように微小開口15が光スポットSAの中心位置に位置する場合は、微小開口15から浸み出す近接場光9の光強度は弱くなる。したがって、この場合はレーザ光L1の光成分が近接場光9に変換される効率が低下することになる。

【0036】レーザ光L1に含まれる光成分のうち、微小開口15を透過しなかった光成分は固浸レンズ10の微小開口15近傍の平面部13で反射され、光検出器116で検出される。このとき、光検出器116で検出さ

れる反射光L2の光強度は、近接場光9の光強度に応じて変化する。具体的には、近接場光から伝搬光に変換される割合が同じである場合において、近接場光9の光強度が強くなれば、近接場光9から伝搬光に変換され微小開口15を透過する光強度が多くなり、それに応じて反射光L2の光強度が弱くなり、逆に近接場光9の光強度が弱くなれば、同様にそれに応じて反射光L2の光強度が強くなる。

【0037】図5は固浸レンズ10のX方向における位置と光検出器116で検出される反射光L2の光強度との関係を示す図である。なお、図5においては、Y方向についての固浸レンズ10の位置は近接場光9の光強度を最大にすることができる位置に配置されているものとする。

【0038】図5に示すように、レーザ光L1の光束位置を一定の状態に固定し、固浸レンズ10をX方向に沿って移動させると、光検出器116で検出される光強度が光強度特性K1（図5の実線）のように変化する。図3及び図4に示すレーザ光L1の光スポットSAが微小開口15の形成されている位置から外れている場合、すなわちレーザ光L1の光スポットSAと微小開口15とが重なる領域を有さない場合（図5における領域R1）には、光検出器116で検出される反射光L2の光強度は一定のレベルとなり、その領域で固浸レンズ10をX方向に移動させても反射光L2の光強度は変化しない。これに対して、レーザ光L1の光スポットSAが微小開口15と重複する領域を有する場合（図5における領域R2）には、光スポットSAの微小開口15に対する位置に応じて反射光L2の光強度が減少する。そして光スポットSAのほぼ中心位置に微小開口15が位置する場合には、反射光L2の光強度は最小を示す。図5の場合は、固浸レンズ10がX方向に沿って位置PXにある場合に光検出器116で検出される光強度が最小になる。

【0039】このことから、光学素子である固浸レンズ10をX方向に移動させ、光検出器116で検出される反射光L2の光強度が極小又は最小になる位置PXを特定し、その位置が最も近接場光9の光強度が最大になる位置であるとして特定する。そして、固浸レンズ10のX方向についての位置を位置PXに固定配置する。

【0040】一方、Y方向についても同様である。Y方向についても固浸レンズ10を移動させると、固浸レンズ10と微小開口15との位置関係に応じて光検出器116で検出される反射光L2の光強度が変化するため、その光強度が極小又は最小になる位置を特定し、固浸レンズ10のY方向についての位置をその光強度が極小又は最小になる位置に固定すれば、近接場光9の光強度が最大になる。

【0041】この結果、固浸レンズ10のXY平面内における位置が、近接場光9の光強度を最大にすることができる位置に特定される。

【0042】上記ではXY平面内での光学系調整について説明したが、XY平面に垂直な光軸方向についても同様である。すなわち、固浸レンズ10の内部においてレーザ光L1が最小スポットを形成しない位置に微小開口15が配置される場合と、最小スポットとなる位置に微小開口15が配置される場合とでは、微小開口15より発生する近接場光9の光強度が異なる。具体的には、最小スポットの形成される位置に微小開口15が配置されると、近接場光9の光強度が最大となり、それ以外の場合には近接場光9の光強度は弱くなる。したがって、光検出器116で検出される反射光L2の光強度を観測しつつ、固浸レンズ10を光軸方向に移動させれば、固浸レンズ10から発生する近接場光9の光強度が最大になる位置を検出することができ、その位置を固浸レンズ10の光軸方向における位置として固定配置する。なお、固浸レンズ10の光軸方向の位置が予め定まっている場合には、集光レンズ114を光軸方向に移動させてもよい。

【0043】以上のようにして、光記録再生装置100において近接場光9の光強度を最大にするように光学系の調整が行われる。光記録再生装置100において光学系の調整を行う際には、非伝搬光である近接場光9を検出するのではなく、伝搬光である反射光L2の光強度を検出するように構成されているため、容易に光学系の調整を行うことができる。また、光記録再生装置100が具備する光学系の構成をそのまま利用して光学系の調整が行われるため、光学調整のために特別な構成を用いる必要がなく、容易かつ効率的に光学系の調整を行うことができる。

【0044】次に、光学調整をより簡単に行うことについて説明する。図6は、固浸レンズ10の微小開口15に誘電体40を近接配置した図である。一般に、微小開口15に誘電体を近接させると、微小開口15から発生する近接場光9のエネルギーが誘電体側に移動する。このため、微小開口15を透過するエネルギーが大きくなり、それに伴って光検出器116で検出される反射光L2の光強度が弱くなるという現象が生じる。

【0045】そこで、光記録再生装置100の光学系の調整を行う際には、図6に示すように、光学素子である固浸レンズ10の微小開口15に誘電体40を近接させる。この結果、微小開口15より発生する近接場光9の光成分が誘電体40に吸い寄せられ、微小開口15を透過する光成分が増加し、反射光L2の光成分が減少して光検出器116で検出される光強度が低下する。これにより、図5に示す反射光L2の光強度特性K1（実線）は、光強度特性K2（二点鎖線）のように変化する。

【0046】すなわち、図6のように微小開口15付近に誘電体40を近接配置することによって、反射光L2の光強度の変化幅は大きくなり、光強度の最小点を示す位置PXの検出が容易になる。よって、光記録再生装置

100の光学系を調整する際に、微小開口15に誘電体40を近接配置させた状態とすることで、光学系の調整をより簡単かつ効率的に行うことが可能になるのである。

【0047】このような誘電体40としては、例えばガラスや樹脂等を用いることができる。

【0048】ところで、誘電体40として固体を使用する場合、固浸レンズ10の薄膜14及び微小開口15を損傷しないようにするために、誘電体40と固浸レンズ10とが接触することを防止する必要がある。そのため、図6に示すように、誘電体40と固浸レンズ10とが一定の間隔Dよりも接近しないように制御することが望まれる。しかし、この間隔Dは微小な間隔（例えば数十nm程度）となるので、制御が難しく、光学系の調整のために複雑な構成を別途設けるが必要になる。

【0049】そこで、誘電体40を微小開口15付近に配置する場合は、固体ではなく、液体を用いることが好ましい。図7は誘電体40として液体41を用いた場合を示す図である。図7に示すように、液体41を用いた場合は、固浸レンズ10の底面、特に薄膜14と微小開口15とを破損する可能性が低いいため、固浸レンズ10の底面部分にその液体41を付着させることもできる。

【0050】図7のように液体41を固浸レンズ10の微小開口15付近に付着させても、固体の誘電体40を用いた場合（図6参照）と同様の効果を得ることができる。つまり、図5に示す反射光L2の光強度特性K1（実線）を光強度特性K2（二点鎖線）のように変化させて、容易に光学系の調整を行うことが可能になる。

【0051】このような液体としては、例えばイマージョンオイル等を用いることができ、固浸レンズ10の底面部分にイマージョンオイル等を塗るだけで光学系の調整が容易かつ効率的になる。

【0052】ところが、光学系の調整のために、イマージョンオイルを固浸レンズ10の底面部分に塗った場合、光学系の調整後にそのイマージョンオイルを拭き取る必要がある。光学系の調整後にイマージョンオイルを拭き取る場合、その拭き取り作業の際に、位置調整された固浸レンズ10の位置がずれる可能性がある。

【0053】そこで、液体41として蒸散性又は揮発性のある液体を用いれば光学系の調整後に拭き取り作業を行う必要がなく、さらに容易かつ効率的な光学系の調整が可能になる。例えば、水や、アルコール、キシレン等の有機溶媒を用いることができる。ただし、この場合、固浸レンズ10に塗られた液体41が完全に揮発するまでに要する時間が、光学系の調整を完了するのに必要な時間よりも長いことが好ましい。

【0054】以上のように、この実施の形態の光記録再生装置100では、製品に使用される光学系を利用して光学系の調整を行うことが可能であるので、容易かつ効率的に光学系の調整を行うことができる。また、光学系

の調整の際には、伝搬光である反射光L2の光強度を検出することによって行われるので、容易に近接場光9の光強度が最大になる位置を特定することができ、光学系の調整が容易である。さらに、上述のように誘電体40や液体41等を用いることによって、光学系の調整がさらに容易かつ効率的になる。

【0055】<2. 固浸ミラーを用いた装置>上記においては、近接場光を発生させる光学素子として固浸レンズ10を用いた例について説明したが、近接場光を発生させる光学素子として固浸ミラーを用いてもよい。ここでは、固浸ミラー20を用いた光記録再生装置100aについて説明する。

【0056】図8は固浸ミラー20の一例を示す図である。固浸ミラー20は、ランタンシリカ系ガラスや鉛シリカ系ガラス等の高屈折率物質によって構成された本体部21を有し、本体部21の上面側である第1面22は略平面状に形成され、下面側である第2面23は回転放物面状に形成される。第1面22の中央部には固浸ミラー20の内部で光を反射させるための反射膜24が形成されている。また、第2面23にも固浸ミラー20の内部で光を反射させるための反射膜25が形成されており、その反射膜25のほぼ中心位置に微小開口26が形成される。反射膜24、25はAl、Au、Ag、Cu、Ni等の金属材料を用いて周知のスバツタ法等の薄膜技術によって成膜され、微小開口26は周知のフォトリソグラフィ等の微細加工技術により形成される。なお、微小開口26を反射膜25に形成するのではなく、反射膜25の中心付近に別の薄膜を形成してその薄膜に微小開口26を形成するようにしてもよい。

【0057】固浸ミラー20の第1面22に平行光であるレーザ光L1を図中矢印の方向に入射させると、第1面22の反射膜24が形成されていない周縁部分から固浸ミラー20内部に入射する。固浸ミラー20の内部に入射した光は回転放物面状の第2面23に形成された反射膜25で反射し、さらに第1面22に形成された反射膜24で反射する。この結果、固浸ミラー20に入射したレーザ光L1は、第2面23の略中央部に集光され、その光スポットは空气中に形成されるスポットに比べて微小な光スポットとなる。そして固浸ミラー20の第2面23に形成された微小開口26からは、微小な光スポットの近接場光9が下方側に浸み出すこととなる。

【0058】図9はこのような固浸ミラー20を用いた光記録再生装置100aを示す図である。なお、図9においては、上述した光記録再生装置100と同様の構成部材について同一符号を付しており、ここではその詳細な説明を省略する。

【0059】図9に示すように、この光記録再生装置100aも近接場光9を利用して記録媒体8に対して情報を高密度に記録したり、又は高密度に記録された情報を検出して再生するように構成されており、そのための光

学系として、レーザ光源111とコリメートレンズ112とビームスプリッタ113と固浸ミラー20とレンズ115と光検出器116とを備えている。光記録再生装置100aにおいては、固浸ミラー20が自己集光機能を有しており、集光レンズを用いることなく自己集光によって微小開口26付近に光スポットを形成することができ、それによって微小開口26から近接場光9を発生させる。そして、固浸ミラー20に対向して配置される記録媒体8に対して近接場光9を浸み出させ、その近接場光9で記録媒体8の表面記録層に対して高密度で情報を記録したり、又は、高密度に記録された情報を読み出すように構成されている。

【0060】このような光記録再生装置100aを組み立てる際、近接場光9の光成分の強度が最も大きくなるようにするために、光学系の調整が行われる。その光学系の調整を行う際には、上述した内容と同様の手法による光学系の調整手法を適用することができる。

【0061】すなわち、光記録再生装置100aの光学系の構成を用いて、レーザ光源111よりレーザ光L1を照射し、そのレーザ光L1を固浸ミラー20に入射させることにより、微小開口26より近接場光9を発生させる。このとき、入射した光のうち、微小開口26を透過しなかった光成分は微小開口26近傍で反射し、レーザ光L1と同一光路を逆方向に進むことになる。その反射光L2は光検出器116で検出されることになる。そして固浸ミラー20の位置を調整しつつ、反射光L2の光強度を測定するようにして、その反射光L2の光強度が最小になる位置を特定し、固浸ミラー20を固定する。反射光L2の光強度が最小であるということは、すなわち近接場光9の光強度が最大であることを示すため、固浸ミラー20の位置を近接場光9の光強度が最大となる位置に設定することが可能になる。

【0062】したがって、光学素子として固浸ミラー20を用いる場合であっても、固浸ミラー20を含む光学系の調整を容易かつ効率的に行うことが可能になるのである。

【0063】なお、光学系調整の際の詳細な内容は、光記録再生装置100の場合と同様である。このため、光記録再生装置100aにおいても固浸ミラー20の微小開口26に誘電体40を近接させたり(図6参照)、液体41を塗布することで(図7参照)、さらに光学系の調整が容易かつ効率的になることも、上記と同様である。

【0064】<3. 顕微鏡装置>次に、近接場光を利用した顕微鏡装置について説明する。図10は、この発明の実施の形態である顕微鏡装置200を示す図である。図10に示すように、顕微鏡装置200は、テーブル201に載置された試料7に対して照明光L3を照射し、試料7において発生する近接場光9を検出することによって試料7を高分解能に観測することができるように構



成されており、そのための光学系として、固浸レンズ10aと、集光レンズ211と、レンズ212と、光検出器213とを備えている。顕微鏡装置200においては、固浸レンズ10aに対向して配置される試料7に対してテーブル201の下方側より照明光L3を入射させる。それによって試料7の周辺に近接場光9が発生し、その近接場光9を固浸レンズ10aに入射させ、伝搬光となる検出光L2を光検出器213で検出するように構成されている。

【0065】照明光L3は試料7に対して照射されればよい。そのため、試料7の下方側より照明する場合に限られず、試料7の横方向又は上方向から照明光L3が与えられてもよいし、固浸レンズ10aから近接場光として試料7を照明するものであってもよい。

【0066】固浸レンズ10aは上述した光記録再生装置100における固浸レンズ10（図2参照）と同様であり、ここではその詳細な構成の説明は省略する。ただし、顕微鏡装置200において固浸レンズ10aは微小開口15より試料7からの近接場光9を検出するための光学素子として機能するものである。

【0067】試料7から発生する近接場光9は固浸レンズ10aの微小開口15から固浸レンズ10a内に進入し、非伝搬光である近接場光9が伝搬光である検出光に変換される。この検出光は集光レンズ211及びレンズ212を介して光検出器213に導かれる。光検出器213はフォトダイオードやCCD撮像素子等によって構成され、微小な近接場光9から得られる光を検出することによって、試料7を高精度に分析することが可能になる。

【0068】このような顕微鏡装置200において、試料7より発生する近接場光9を効率的に観測するためには、光学系における微小開口15（図2参照）の位置を最適な位置に調整することが必要になる。つまり、微小開口15を介して検出される試料7の近接場光9が効率的に光検出器213に導かれるように光学系を調整することが必要になる。

【0069】そこで、このような顕微鏡装置200を組み立てる際、固浸レンズ10aで検出できる近接場光9の光成分の強度が最も大きくなるようにするために、上述した手法と同様の手法により光学系の調整が行われる。しかしながら、顕微鏡装置200における光学系は、光の検出機能は備えているものの固浸レンズ10aに対して光を入射させる機能は有していない。したがって、顕微鏡装置200における光学系を調整する場合には、図10に示すように、光学系調整用装置として照明光学系230を追加する。

【0070】照明光学系230は、レーザ光源231とコリメートレンズ232とビームスプリッタ233とを備えており、ビームスプリッタ233が検出光L2の光路中に介挿されるように配置される。

【0071】そして光学系の調整を行う際には、レーザ光源231からレーザ光L1を射出してコリメートレンズ232で平行光に変換し、ビームスプリッタ233に導く。ビームスプリッタ233はレーザ光源231からのレーザ光L1を固浸レンズ10aの位置する方向に反射させる。なお、ビームスプリッタ233で反射されるレーザ光L1の光路は検出光L2の光路と同一の光路を固浸レンズ10aに向かうように照明光学系230が配置される。

【0072】ビームスプリッタ233で反射されたレーザ光L1は、集光レンズ211で集光作用を受けて固浸レンズ10aの微小開口15付近に光スポットを形成する。この光スポットが微小開口15より近接場光を発生させる一方、近接場光9の発生に寄与しなかった光成分は固浸レンズ10aの底面で反射されて検出光L2と同一の光路を辿る反射光となる。この反射光は光検出器213で検出される。

【0073】このようなことから顕微鏡装置200における光学系を調整する際には、試料7の存在しない状態で、照明光学系230を設けることにより、上述した光学系調整方法と同様の手法によって行うことができる。

【0074】すなわち、顕微鏡装置200の光学系の構成を用いるとともに、さらに照明光学系230を配置する。そしてレーザ光源231よりレーザ光L1を照射し、そのレーザ光L1を固浸レンズ10aに入射させることにより、微小開口15（図2参照）より近接場光9を発生させる。このとき、微小開口15を透過しなかった反射光L2の光強度を光検出器116で測定する。そして固浸レンズ10aの位置を調整しつつ、反射光L2の光強度を測定するようにして、その反射光L2の光強度が最小になる位置を特定し、固浸レンズ10aを固定する。反射光L2の光強度が最小になるように固浸レンズ10aを含む光学系の調整を行うことによって、光学系が最適な状態に調整されることになる。この結果、顕微鏡装置200において試料7からの近接場光9を最も効率よく観測することができる状態に光学系が調整されることになる。

【0075】その後、光学系調整用に配置された照明光学系230を取り除くことによって顕微鏡装置200における光学系の調整が終了し、顕微鏡装置200において試料7からの近接場光9を最大に取り込むことができるような状態で光学系の配置状態が固定される。

【0076】顕微鏡装置200において光学系の調整を行う際にも、非伝搬光である近接場光9を検出するのではなく、伝搬光である反射光L2の光強度を検出するように構成されているため、容易に光学系の調整を行うことができる。また、顕微鏡装置200が具備する光学系の構成をそのまま利用して光学系の調整が行われるため、容易かつ効率的に光学系の調整を行うことができる。

【0077】なお、光学系調整の際の詳細な内容は、光記録再生装置100の場合と同様である。このため、顕微鏡装置200においても固浸レンズ10aの微小開口15に誘電体40を近接させたり（図6参照）、液体41を塗布することで（図7参照）、さらに光学系の調整が容易かつ効率的になることも、上記と同様である。また、試料7からの近接場光9を検出するための光学素子として固浸レンズ10aを用いる場合に限定されるものではなく、上述した固浸ミラー20（図8参照）を用いて顕微鏡装置200を構成しても上述した光学系の調整手法を適用することができることは勿論である。

【0078】＜4. 加工装置＞次に、近接場光を利用した加工装置について説明する。図11は、この発明の実施の形態である加工装置300を示す図である。この加工装置300は近接場光を用いて微細加工を行うことができる装置であり、例えば半導体を製造する際の露光装置等として使用される。

【0079】図11に示すように、加工装置300は近接場光を利用して加工対象物6（半導体装置等）を露光することによって微細加工を施すように構成されており、そのための光学系として、レーザ光源311とコリメートレンズ312と集光レンズ313と固浸レンズ10bとを備えている。この加工装置300においては、レーザ光源311からレーザ光L1を射出させ、コリメートレンズ312で平行光に変換した後、集光レンズ313でレーザ光L1に集光作用を与えて固浸レンズ10bに入射させる。そして固浸レンズ10bに対向して配置される加工対象物6に対して微小開口15より近接場光9を浸み出させ、その近接場光9で加工対象物6の表面を露光するように構成されている。

【0080】固浸レンズ10bは上述した光記録再生装置100における固浸レンズ10（図2参照）と同様であり、ここではその詳細な構成の説明は省略する。また、加工装置300において固浸レンズ10bは近接場光9を発生させる光学素子として機能するものである。

【0081】このような加工装置300において、固浸レンズ10bより近接場光9を効率的に発生させるためには、光学系における固浸レンズ10bの微小開口15（図2参照）の位置を最適な位置に調整することが必要になる。つまり、微小開口15より発生する近接場光9の光強度が最大になるように光学系を調整することが必要になる。

【0082】上記の構成からも明らかなように、加工装置300は加工対象物6に対して近接場光9を照射することができればよい。基本的には光を検出する検出用光学系を設ける必要はない。このようなことから加工装置300における光学系を調整する際には、加工対象物6の存在しない状態で、図11に示すように検出用光学系330を設けることにより、これまでに説明した上述の光学系調整方法と同様の手法によって行うことがで

きる。すなわち、光学系の調整の際には、加工装置300の光学系の構成をそのまま用いるとともに、さらに検出用光学系330を配置して行う。

【0083】検出用光学系330は、ビームスプリッタ331とレンズ332と光検出器333とを備えており、ビームスプリッタ331がレーザ光源311からのレーザ光L1の光路中に介挿されるように配置される。

【0084】そして光学系の調整を行う際には、レーザ光源311からレーザ光L1を射出して固浸レンズ10bに入射させ、微小開口15より近接場光9を発生させるとともに、光学系調整用に配置された検出用光学系330により固浸レンズ10bからの反射光L2の光強度を検出する。

【0085】すなわち、レーザ光L1の成分のうち、微小開口15を透過しなかった光成分は固浸レンズ10bの内部で反射してレーザ光L1の光路を逆方向に進み、ビームスプリッタ331で反射され、レンズ332を介して光検出器333に入射する。これにより、反射光L2の光強度を検出することができ、微小開口15より発生する近接場光9の強度を推定することができる。

【0086】このようなことから加工装置300における光学系を調整する際には、加工対象物6の存在しない状態で、検出用光学系330を設けることにより、上述した光学系調整方法と同様の手法によって行うことができる。具体的には、そして固浸レンズ10bの位置を調整しつつ、反射光L2の光強度を測定して、その反射光L2の光強度が最小になる位置を特定し、固浸レンズ10bを固定する。反射光L2の光強度が最小になるように固浸レンズ10bを含む光学系の調整を行うことにより、光学系が最適な状態に調整されることになる。

【0087】その後、光学系調整用に配置された検出用光学系330を取り除くことによって加工装置300における光学系の調整が終了し、加工装置300において発生する近接場光9の光強度が最大となるような状態に光学系の配置状態が固定される。

【0088】このように加工装置300において光学系の調整を行う際にも、非伝搬光である近接場光9を検出するのではなく、伝搬光である反射光L2の光強度を検出するように構成されているため、容易に光学系の調整を行うことができる。また、加工装置300が具備する光学系の構成をそのまま利用して光学系の調整が行われるため、容易かつ効率的に光学系の調整を行うことができる。

【0089】なお、光学系調整の際の詳細な内容は、光記録再生装置100の場合と同様である。このため、加工装置300においても固浸レンズ10bの微小開口15に誘電体40を近接させたり（図6参照）、液体41を塗布することで（図7参照）、さらに光学系の調整が容易かつ効率的になることも、上記と同様である。また、近接場光9を発生させるための光学素子として固浸

10

20

30

40

50

レンズ10bを用いる場合に限定されるものではなく、上述した固浸ミラー20（図8参照）を用いて加工装置300を構成しても上述した光学系の調整手法を適用することができることは勿論である。

【0090】<5. 変形例>以上、この発明の実施の形態について説明したが、この発明は上記説明した内容のものに限定されるものではない。

【0091】例えば、上記においては、固浸レンズや固浸ミラー等の光学素子に対して所定の入射位置より入射光を入射させ、微小開口付近で反射されて光学素子より射出する反射光を検出することによって、微小開口から発生する近接場光、又は微小開口より検出される近接場光、の光成分が最大となるように調整する光学系調整方法について説明し、その光学系調整方法が適用される一例として、光記録再生装置100、100a、顕微鏡装置200及び加工装置300を挙げたが、上記の光学系調整方法が適用される装置はこれに限定されるものではないことは勿論である。

【0092】また、上記の光記録再生装置100、100a、顕微鏡装置200及び加工装置300について説明した各構成も一例であり、上記説明の内容に限定されるものではなく、構成要素の追加等、種々の変形が行われてもよい。また、光記録再生装置100、100aは記録媒体8に記録された情報の再生のみを行う情報再生専用装置として構成されても構わない。

【0093】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に記載の発明によれば、光学素子の所定の入射位置より入射光を入射させ、微小開口付近で反射される反射光を検出することによって、近接場光の光成分が最大となるように光学系の調整が行われるため、近接場光を利用する光学系の調整を容易かつ効率的に行うことができ、その光学系において近接場光を有効に活用することが可能になる。

【0094】請求項2に記載の発明によれば、微小開口が入射光の波長以下の大きさであり、その微小開口から発生する近接場光、又はその微小開口より検出される近接場光が最大の状態になるように光学系の調整が行われるとともに、その光学系の調整を容易かつ効率的に行うことができる。

【0095】請求項3に記載の発明によれば、反射光の強度を検出することによって、光学系の調整が行われるので、近接場光の強度を検出する場合に比べて光学系の調整を容易かつ効率的に行うことができる。

【0096】請求項4に記載の発明によれば、反射光の強度が極小又は最小となる位置に、光学素子の位置が調整されるため、近接場光の強度が最大となる位置に光学系の調整が行われる。

【0097】請求項5に記載の発明によれば、光学素子の微小開口に誘電体を近接させた状態で、反射光の検出が行われるため、近接場光の光成分が最大となるような

光学系の調整をより簡単に行うことができ、近接場光を利用する光学系の調整をさらに容易かつ効率的に行うことができる。

【0098】請求項6に記載の発明によれば、誘電体が液体であるため、光学素子に損傷を与えることを考慮する必要がなく、より簡単に光学系の調整を行うことができる。

【0099】請求項7に記載の発明によれば、液体はイメージンオイルであるため、光学素子に損傷を与えることを考慮する必要がなく、光学素子にイメージンオイルを塗るだけで光学系の調整が容易かつ効率的になる。

【0100】請求項8に記載の発明によれば、液体は揮発性のある液体であるため、液体を拭き取る作業を行う必要がなく、光学系の調整をさらに容易かつ効率的に行うことが可能になる。

【0101】請求項9に記載の発明によれば、光学素子が高屈折率媒質で形成された固浸レンズ又は固浸ミラーであり、固浸レンズ又は固浸ミラーの使用された光学系を容易かつ効率的に調整することができる。

【0102】請求項10に記載の発明によれば、光記録再生装置における光学系の調整を容易かつ効率的に行うことができる。

【0103】請求項11に記載の発明によれば、顕微鏡装置における光学系の調整を容易かつ効率的に行うことができる。

【0104】請求項12に記載の発明によれば、加工装置における光学系の調整を容易かつ効率的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施の形態である光記録再生装置を示す図である。

【図2】固浸レンズを示す図である。

【図3】固浸レンズを拡大した図である。

【図4】固浸レンズを拡大した図である。

【図5】固浸レンズのX方向における位置と反射光の光強度との関係を示す図である。

【図6】固浸レンズの微小開口に誘電体を近接配置した図である。

【図7】誘電体として液体を用いた場合を示す図である。

【図8】固浸ミラーの一例を示す図である。

【図9】固浸ミラーを用いた光記録再生装置を示す図である。

【図10】この発明の実施の形態である顕微鏡装置を示す図である。

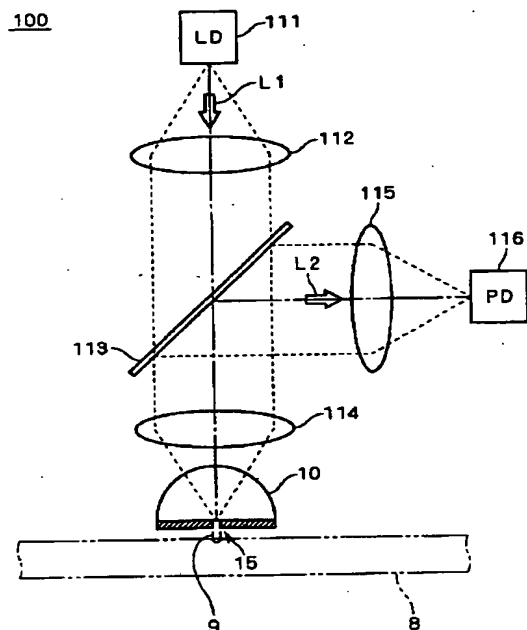
【図11】この発明の実施の形態である加工装置を示す図である。

【符号の説明】

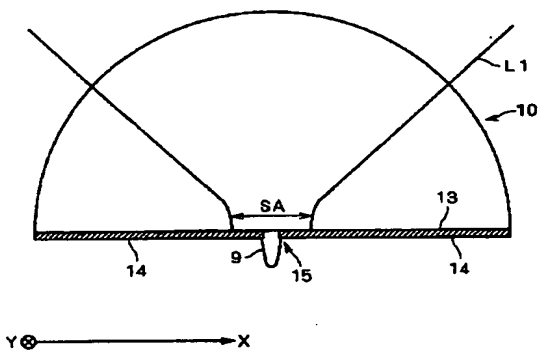
6 加工対象物

- 7 試料
- 8 記録媒体
- 9 近接場光
- 10, 10a, 10b 固浸レンズ (光学素子)
- 20 固浸ミラー (光学素子)
- 15, 26 微小開口
- 40 誘電体

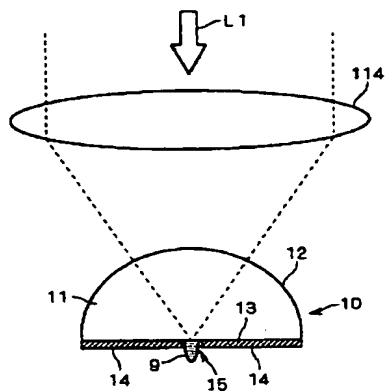
【図1】



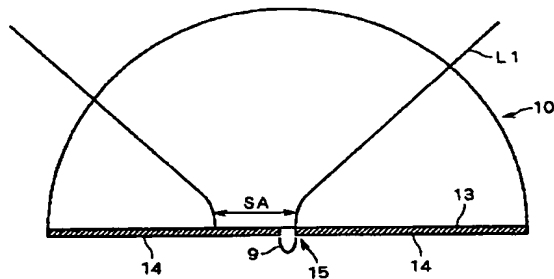
【図3】



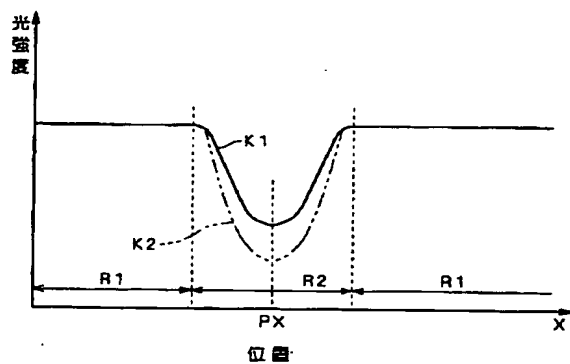
【図2】



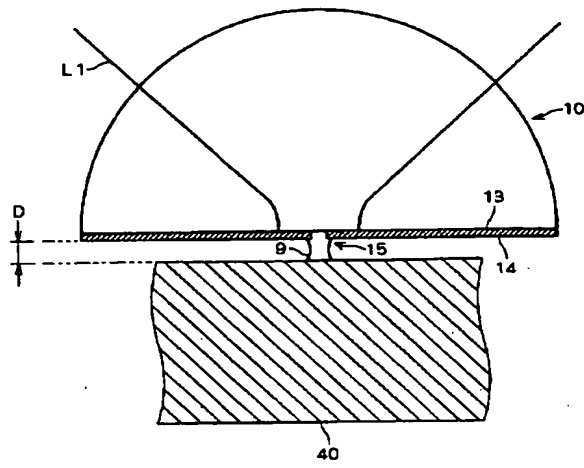
【図4】



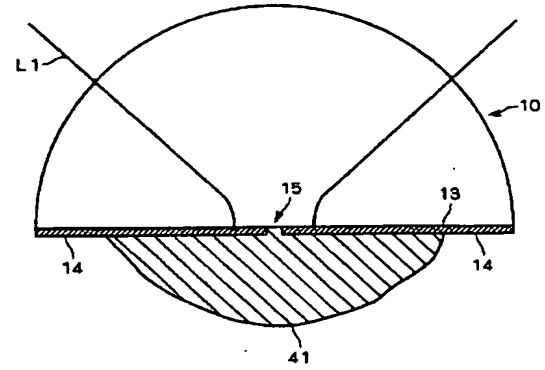
【図5】



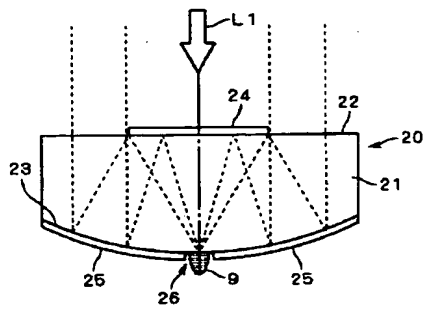
【図6】



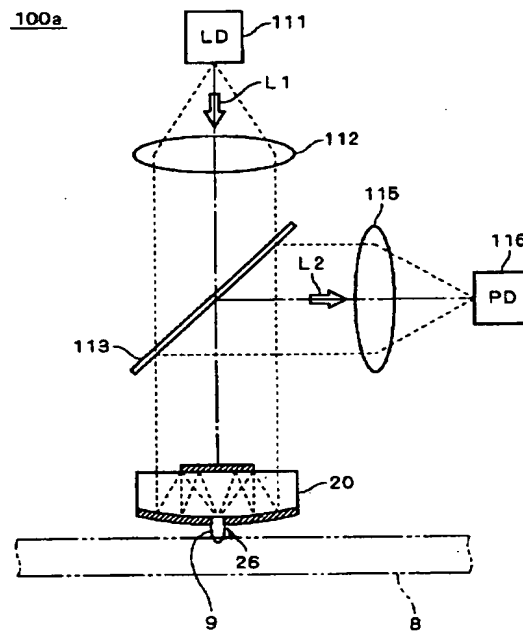
【図7】



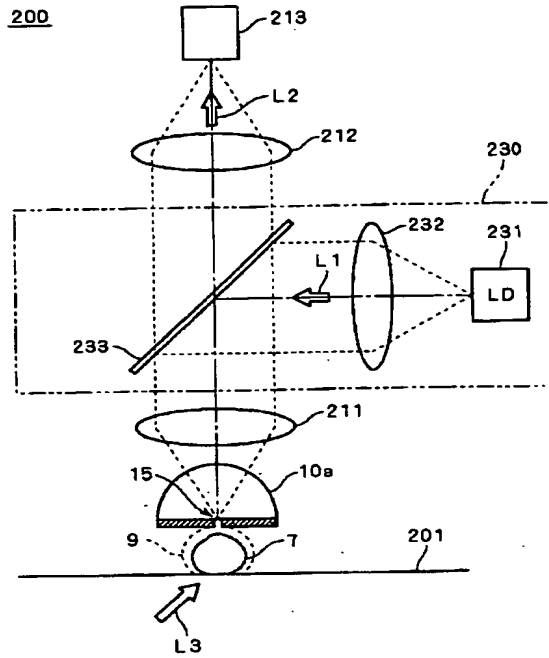
【図8】



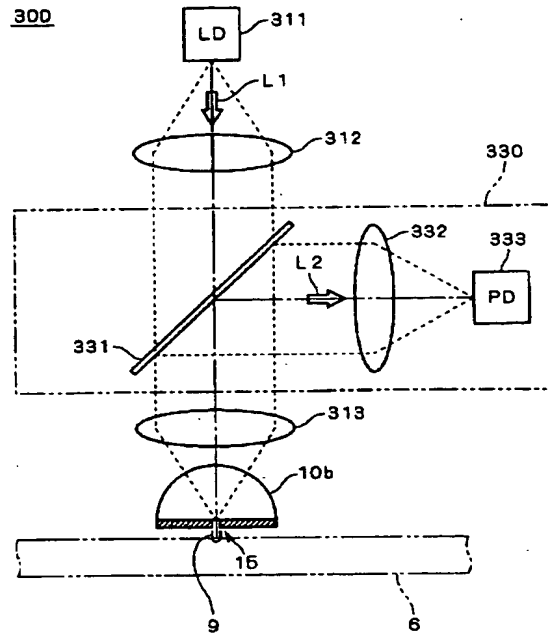
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 1 1 B 7/08  
7/135  
7/22

G 1 1 B 7/08  
7/135  
7/22

A  
A

F ターム(参考) 2H043 AD03 AD11 AD13 AD23  
2H087 KA09 KA13 LA00 NA09 RA00  
RA31  
5D117 CC07 HH09 KK01 KK04 KK15  
KK18  
5D119 AA22 AA36 JA42 JC07